

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

2 616 166

(21) N° d'enregistrement national :

87 07783

(51) Int CI<sup>e</sup> : E 01 D 9/04, 9/06.

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 4 juin 1987.

(71) Demandeur(s) : SOGELERG et BAUDIN-CHATEAU-NEUF. — FR.

(30) Priorité :

(72) Inventeur(s) : Alain Chauvin ; Jacques Mazou.

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 49 du 9 décembre 1988.

(73) Titulaire(s) :

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(74) Mandataire(s) : Paul Bourely, SOSPI.

(54) Pont à ossature mixte et son procédé de construction.

(57) On réalise selon l'invention un tablier continu à ossature mixte qui comporte, outre son hourdis supérieur en béton 10 et sa poutraison métallique 12, des câbles de précontrainte 22 et un hourdis inférieur local 24 au voisinage de chacun des appuis intermédiaires 6. L'invention s'applique notamment à la construction des ponts à grande portée entre appuis successifs.



FR 2 616 166 - A1

D

Pont à ossature mixte et son procédé de construction

La présente invention s'applique aux tabliers de ponts à ossature mixte acier/béton.

Les tabliers de ce type qui sont actuellement construits ont généralement une structure transversale telle que représentée sur les figures 1 ou 2. C'est-à-dire qu'ils sont constitués principalement d'un hourdis supérieur en béton armé 100 ou 200 servant de support à la chaussée, et d'une poutre métallique connectée à ce hourdis et constituée soit de deux poutres en I (fig.1), soit d'un bac en U (fig.2) formant caisson.

Chaque poutre en I possède une âme telle que 102 reliant une membrure supérieure telle que 104 à une membrure inférieure telle que 106, les deux âmes étant reliées de place en place par des entretroises transversales telles que 108.

Les deux flancs tels que 202 du bac en U jouent le rôle de deux âmes associées d'une part chacune à une membrure supérieure telle que 204 qui lui est propre, et d'autre part à une membrure inférieure commune 206 constituée par le fond du bac.

Dans ces structures, le hourdis supérieur en béton participe de manière essentielle à la résistance à la flexion dans les zones à moment fléchissant positif situées en travée. Il n'en va pas de même dans les zones à moment fléchissant négatif qui s'étendent au voisinage des appuis. Dans ces zones le béton de ce hourdis est tendu et la résistance est assurée essentiellement par la poutre en acier. De ce fait, les fibres extrêmes de cette poutre sont soumises à des contraintes élevées. Il en résulte qu'en pratique il devient économiquement nécessaire, pour des portées supérieures ou égales à 100 mètres, d'augmenter la hauteur de cette poutre au voisinage des appuis tels que 110 comme représenté sur la figure 3.

La présente invention a notamment pour buts d'augmenter la portée entre appuis, et/ou la charge admissible d'un pont même à hauteur de poutre constante, et/ou de diminuer le coût de construction de ce pont et/ou sa hauteur de tablier et/ou son poids, et ceci d'une manière simple et sûre.

Elle s'applique à un pont à ossature mixte, le tablier de ce pont s'étendant continument sur et entre des appuis qui se succèdent selon une direction longitudinale de manière à supporter des moments fléchissants positifs et importants dans des zones 5 intermédiaires entre ces appuis et des moments fléchissants négatifs et importants dans des zones d'appui comprenant ces appuis, ce tablier présentant une longueur selon cette direction longitudinale, une largeur selon une direction transversale et une hauteur selon une direction verticale et comportant

10 - un hourdis supérieur en béton armé s'étendant selon lesdites directions longitudinale et transversale,

- et une poutraison métallique disposée sous ce hourdis et comportant elle-même,

- au moins une membrure supérieure longitudinale pour supporter 15 des efforts longitudinaux, cette membrure étant connectée à ce hourdis supérieur,

- au moins une membrure inférieure longitudinale au-dessous et à distance de la précédente pour supporter des efforts longitudinaux,

- et au moins une âme présentant la forme d'une tôle verticale 20 et longitudinale munie de raidisseurs et reliant ces deux membrures pour transmettre des efforts obliques.

Selon la présente invention le tablier de ce pont comporte en outre :

25 - des câbles de précontrainte tendus s'étendant longitudinalement et passant à proximité de ladite membrure inférieure dans lesdites zones intermédiaires et à proximité de ladite membrure supérieure dans lesdites zones d'appui,

- et des entretoises solidaires de ladite âme pour recevoir les forces verticales résultant des changements de direction de ces 30 câbles,

- lesdits raidisseurs s'étendant sur les deux faces de chaque dite âme selon au moins deux directions croisées de manière à constituer un réseau de raidisseurs évitant à cette âme de flamber sous l'action de la compression longitudinale accrue qui équilibre une fraction 35 de la tension desdits câbles de précontrainte et qui se combine

avec lesdits efforts obliques.

Le principe de la précontrainte par câbles tendus est bien connu surtout pour des ponts en béton. Selon l'invention il est apparu qu'il pouvait aussi être appliqué, et ceci d'une manière 5 particulièrement utile et économique, à un tablier à ossature mixte, à condition de reconnaître qu'une fraction de la tension des câbles de précontrainte ne pouvait être équilibrée par les membrures et imposait donc une compression longitudinale à l'âme de chaque poutre, et de prévoir alors pour cette âme un réseau de raidisseurs spécialement 10 conçu pour lui éviter de flamber en raison des efforts supplémentaires qui lui étaient ainsi appliqués. Dans le cadre de l'invention il est en outre apparu souvent préférable de combiner la précontrainte de l'ossature avec l'adjonction d'un hourdis inférieur local au voisinage des appuis.

15 Conformément à l'invention on peut adopter en outre, selon les circonstances, les dispositions préférées suivantes :

- L'une des deux dites directions des raidisseurs de ladite âme est la direction horizontale longitudinale, les raidisseurs longitudinaux correspondants présentant en section la forme d'une ligne 20 qui part d'un point de la hauteur de ladite âme, s'écarte de cette âme et y revient en un point de la même hauteur à distance du point de départ de manière à constituer, avec la partie de cette âme entre des deux points, un caisson de raidissement.
- Ladite ligne forme un Vé couché de manière que chaque dit raidisseur 25 longitudinal constitue un caisson de raidissement prismatique à section triangulaire.
- Le tablier comporte en outre des entretoises verticales en béton armé s'étendant verticalement en appui sur lesdits appuis en reliant lesdits hourdis supérieur et inférieur et portant au voisinage 30 de ce hourdis supérieur des dispositifs d'ancre et/ou de déviation pour recevoir une force verticale descendante desdits câbles de précontrainte.
- Dans le cas où la poutraison comporte au moins deux âmes décalées selon ladite direction transversale, et des entretoises métalliques 35 transversales reliant ces deux âmes à distance desdits appuis,

ces entretoises transversales portent des dispositifs de déviation pour recevoir une force verticale ascendante desdits câbles de précontrainte.

- Dans ce même cas lesdits caissons de raidissement sont formés  
5 sur les faces externes des deux âmes apparentes. Ceci permet de combiner la présence d'un réseau de raidisseurs suffisamment puissant avec la conservation d'un aspect agréable du pont. Des caissons prismatiques, notamment triangulaires longitudinaux, semblent en effet bien préférable au point de vue esthétique à des lames verticales  
10 ou obliques.

La présente invention a aussi pour objet un procédé de construction d'un pont du type ci-dessus, caractérisé par le fait que l'on prévoit deux groupes de dits câbles de précontrainte aptes chacun à diminuer utilement à lui seul les tensions dans lesdites membrures  
15 à leur proximité, la mise en tension d'un premier de ces groupes assurant la tenue dudit tablier en place avant et pendant le coulage dudit hourdis supérieur, le coulage et le durcissement de ce hourdis puis la mise en tension de ce second groupe assurant ensuite la compression permanente de ce hourdis et la résistance définitive  
20 du tablier.

De préférence, dans le cas où le tablier est lancé sur ses appuis, on tend lors du lancement des câbles longitudinaux de précontrainte provisoire en partie supérieure du tablier pour au moins diminuer les moments fléchissants négatifs qui s'appliquent à ce  
25 tablier.

A l'aide des figures schématiques ci-jointes on va décrire plus particulièrement ci-après, à titre d'exemple non limitatif, comment la présente invention peut être mise en œuvre dans le cadre de l'exposé qui en a été donné ci-dessus. Lorsqu'un même élément est représenté sur plusieurs figures il y est désigné par  
30 le même signe de référence.

Les modes de mise en œuvre décrits comportent les dispositions mentionnées ci-dessus comme préférées selon la présente invention. Il doit être compris que les éléments mentionnés peuvent être remplacés  
35 par d'autres éléments assurant les mêmes fonctions techniques.

Les figures 1 et 2 représentent des vues en coupe transversale de deux ponts connus.

La figure 3 représente une vue de côté du pont de la figure 1, cette figure pouvant aussi représenter une vue du pont de la figure 2.

5 La figure 4 représente une vue en coupe longitudinale d'un premier pont selon l'invention.

Les figures 5 et 6 représentent deux vues en coupes transversales du tablier de ce pont selon les lignes V-V et VI-VI de la figure 4.

10 La figure 7 représente une vue en coupe longitudinale d'un deuxième pont selon l'invention.

La figure 8 représente une vue en perspective d'un tronçon de l'âme d'une poutre du pont de la figure 4.

La figure 9 représente une vue partielle en coupe longitudinale à échelle agrandie de ce pont à une extrémité de celui-ci.

15 Les figures 10 et 11 représentent des vues partielles à échelle agrandie de ce pont à l'endroit d'un appui intermédiaire, la figure 10 étant en coupe longitudinale et la figure 11 en vue de dessous selon la ligne XI-XI de la figure 10.

20 La figure 12 représente une vue partielle en coupe longitudinale à échelle agrandie de ce pont à l'endroit d'une entretroise transversale.

La figure 13 représente une vue très schématique de côté du tablier de ce pont lors de son lancement au cours de la construction du pont.

25 Conformément aux figures 4, 5 et 6, un pont selon l'invention comporte un tablier continu 2 en appui sur une succession longitudinale d'appuis, à savoir deux appuis d'extrémité tels que 4 (voir fig.9) et des appuis intermédiaires tels que 6 et 8. Ce tablier comporte un hourdis supérieur 10 et une poutraison constituée de deux poutres métalliques identiques 12 et 14 de hauteur constante.

30 La poutre 12 comporte une membrure supérieure 16, une membrure inférieure 18 et une âme 20 (voir fig.8).

35 Selon l'invention, d'une part, on adjoint, suivant un procédé connu antérieurement pour les structures en béton, des câbles de précontrainte extérieure 22 dont le tracé est destiné à soulager

l'ossature mixte des sollicitations de flexion qu'elle supporte sous l'action de son poids propre et des surcharges (voir fig 4).

Ceci trouve sa justification dans le fait qu'il est beaucoup plus économique actuellement d'utiliser, pour résister à une force de traction donnée, un acier de précontrainte à haute résistance qu'un acier laminé de construction, en vertu de leurs rapports résistance/coût respectif. C'est pourquoi les câbles de précontrainte extérieure sont dimensionnés, disposés et tendus pour réduire autant que faire se peut la taille des membrures de la poutre en acier.

Les câbles de précontrainte 22 représentés passent au haut de la poutre sur les appuis tels que 6 et ne descendent que peu dans des zones d'appui telles que 2A qui s'étendent de part et d'autre de chaque appui intermédiaire tels que 6. Ces zones sont celles où le moment fléchissant appliqué au tablier présente de grandes valeurs négatives sous l'action des charges permanentes et des surcharges transitoires. Ces câbles passent au bas de la poutre dans des zones intermédiaires telles que ZI où les grandes valeurs du moment fléchissant sont positives.

Bien entendu dans certaines zones, et notamment entre ces zones d'appui et intermédiaires, le moment fléchissant change de sens selon les surcharges appliquées.

Selon l'invention, d'autre part, on dispose dans lesdites zones à fort moment négatif situées au voisinage des appuis, un hourdis inférieur en béton 24. Ce hourdis local permet de réduire de manière importante les compressions de la membrure inférieure 10 de la poutre en acier (voir figures 4 et 5). Il permet ainsi souvent de diminuer finalement le coût global de la construction. L'étendue longitudinale du hourdis inférieur peut être de l'ordre de 10 à 15% de la portée entre appuis, le rapport convenable dépendant de chaque situation.

Cette diminution du coût global résulte du fait que, contrairement au cas des tabliers en caisson mixte à hourdis inférieur continu, ce hourdis disposé localement près des appuis n'augmente que de manière négligeable les efforts généraux de flexion longitudinale du tablier.

Il résulte notamment des caractéristiques de l'invention énoncées ci-dessus, entre autres avantages, la possibilité supplémentaire de franchir des portées plus importantes tout en conservant une hauteur constante de la poutraison. Cependant ces dispositions 5 sont également applicables aux tabliers à hauteur variable tel que celui de la figure 7, sur laquelle des éléments analogues à ceux de la figure 4 portent des numéros de référence augmentés de 300.

Une caractéristique de l'invention est que, pour pallier 10 aux effets néfastes de la compression longitudinale due à la précontrainte extérieure, la stabilité au voilement des âmes de la poutraison en acier est assurée par une ou plusieurs files d'augets à section triangulaire constituant lesdits raidisseurs longitudinaux 26. Ces raidisseurs sont représentés sur la figure 8. Ils sont associés 15 à des raidisseurs verticaux 28 en forme de lames sur lesquelles ils s'appuient et s'encastrent en torsion.

L'invention est de préférence associée au procédé constructif ci-après :

- Lancage ou pose de la poutraison métallique munie ou non de son hourdis inférieur local en béton.
- 20 - Mise en tension d'un premier groupe de câbles de précontrainte.
- Réalisation "in situ" du hourdis supérieur en béton.
- Mise en tension du second groupe de câbles.

Comparativement au procédé de poussage de caissons préfabriqués 25 en rive, ce procédé se caractérise par le faible poids de la structure à lancer et il présente donc les avantages suivants :

- Plus faible taille et coût des dispositifs de lancement.
- Plus grande portée franchie au lancement.

Par ailleurs, contrairement au cas des caissons précontraints 30 à âmes métalliques, la réalisation d'une première phase de précontrainte avant coulage du hourdis supérieur, ne donne pas lieu à une redistribution des contraintes par fluage du béton.

Enfin, contrairement au cas des tabliers à ossature mixte non précontrainte, la mise en tension d'un second groupe de câbles 35 après réalisation du hourdis supérieur en béton permet de conserver

à celui-ci une compression résiduelle à vide au voisinage des appuis.

L'invention peut se caractériser également par le fait que les ancrages des câbles de précontrainte 22 sont disposés de préférence au droit des appuis, et s'appliquent sur des entretoises verticales 30 réalisées de manière économique en béton, tout en assurant une répartition, dans la section mixte du tablier, des forces concentrées de la précontrainte (voir fig.10). Ces entretoises peuvent porter à la fois des tubes de déviation tels que 32 pour certains câbles de précontrainte, et des plaques d'ancre telles que 34 pour les extrémités d'autres câbles.

L'invention peut se caractériser aussi par le fait que les entretoises transversales 36 analogues à celles qui sont disposées entre les poutres des ouvrages mixtes non précontraintes (voir fig 1) sont pour certaines d'entre-elles utilisées comme appui de déviateurs 39 constituant les dispositifs de déviation pour les câbles de précontrainte en travée.

La grande inertie de l'entretoise est disposée suivant la bissectrice de l'angle formé par le tracé du câble. Elle résiste plus facilement aux flexions et torsions parasites dues à l'effort tangentiel de frottement du câble dans la courbure de son déviateur 38, si, conformément à l'invention, elle présente une forme tubulaire avec un profil fermé rectangulaire ou circulaire de bonne résistance en torsion (voir fig.11).

Le déviateur lui-même est constitué suivant un procédé connu par un tube cylindrique cintré.

Conformément à la figure 9, une entretoise d'about en béton 50 s'étend verticalement et transversalement à une extrémité du tablier sur un appui d'extrémité 4. Elle porte une platine d'about 54 soudée aux membrures telles que 16 et 18 et aux âmes telles que 20 des deux poutres 12 et 14. Cette platine est munie de raidisseurs transversaux 52. Elle porte par ailleurs des plaques d'ancre telles que 56 pour les extrémités de câbles de précontrainte tels que 22 qui s'appuient sur cette entretoise à diverses hauteurs.

L'invention peut être encore caractérisée par le fait que, compte-tenu de la diminution importante de section des membrures

- 9 -

de la poutraison rendue possible grâce à l'invention, ladite poutraison peut se révéler d'une résistance insuffisante dans certaines phases de son lancement sur ses appuis. On utilise alors avec bénéfice un dispositif de précontrainte provisoire démontable et réutilisable  
5 représenté sur la figure 12 et comportant par exemple, pour chaque câble de précontrainte provisoire tel que 40, deux dispositifs d'ancrage 42 et 44 fixés au tablier 2. Bien entendu un tel dispositif ne sera employé que lorsque cela s'avérera nécessaire. Ce tablier peut par ailleurs être muni comme connu d'un avant-bec 46 de faible  
10 poids pour soulager les efforts de flexion lors du lancement.

15

20

25

30

35

## REVENDICATIONS

- 1/ Pont à ossature mixte, le tablier (2) de ce pont s'étendant continument sur et entre des appuis (6, 8) qui se succèdent selon une direction longitudinale de manière à supporter des moments fléchissants positifs et importants dans des zones intermédiaires (ZI) entre ces appuis et des moments fléchissants négatifs et importants dans des zones d'appui (ZA) comprenant ces appuis, ce tablier présentant une longueur selon cette direction longitudinale, une largeur selon une direction transversale et une hauteur selon une direction verticale et comportant
- 5           - un hourdis supérieur (10) en béton armé s'étendant selon lesdites directions longitudinale et transversale,
- 10          - et une poutraison métallique (12, 14) disposée sous ce hourdis comportant elle-même
- 15          - au moins une membrure supérieure longitudinale (16) pour supporter des efforts longitudinaux, cette membrure étant connectée à ce hourdis supérieur,
- 20          - au moins une membrure inférieure longitudinale (18) au-dessous et à distance de la précédente pour supporter des efforts longitudinaux,
- 25          - et au moins une âme verticale et longitudinale (20) qui présente la forme d'une tôle munie de raidisseurs (26) et qui relie ces deux membrures pour transmettre des efforts obliques,
- 30          - ce pont étant caractérisé par le fait que son tablier comporte en outre
- des câbles de précontrainte tendus (22) s'étendant longitudinalement et passant à proximité de ladite membrure inférieure (18) dans lesdites zones intermédiaires (ZI) et à proximité de ladite membrure supérieure (16) dans lesdites zones d'appui (ZA),
- 35          - et des entretoises (30, 36) solidaires de ladite âme (20) pour recevoir les forces verticales résultant des changements de direction de ces câbles,
- lesdits raidisseurs (26, 28) s'étendant sur les deux faces de chaque dite âme (20) selon au moins deux directions croisées de

manière à constituer un réseau de raidisseurs évitant à cette âme de flamber sous l'action de la compression longitudinale accrue qui équilibre une fraction de la tension desdits câbles de précontrainte (22) et qui se combine avec lesdits efforts obliques.

5 2/ Pont selon la revendication 1, caractérisé par le fait qu'une des deux dites directions des raidisseurs de ladite âme (20) est la direction horizontale longitudinale les raidisseurs longitudinaux correspondants (26) présentant en section la forme d'une ligne qui part d'un point de la hauteur de ladite âme, s'écarte de cette 10 âme et y revient en un point de la même hauteur à distance du point de départ de manière à constituer, avec la partie de cette âme entre des deux points, un caisson de raidissement.

15 3/ Pont selon la revendication 2, caractérisé par le fait que ladite ligne forme un Vé couché de manière à constituer un caisson de raidissement prismatique à section triangulaire (26).

4/ Pont selon la revendication 2, dans lequel ladite poutraison comporte au moins deux âmes (20) décalées selon ladite direction transversale, les deux âmes extérieures présentant donc chacune une face interne en regard de l'autre âme et une face externe apparente, ce pont étant caractérisé par le fait que les caissons de 20 raidissement (26) de ces âmes extérieures sont formés sur les faces externes de ces âmes.

5/ Pont selon la revendication 1, caractérisé par le fait qu'il comporte un hourdis inférieur local (24) en béton armé s'étendant 25 au moins longitudinalement, dans les seules dites zones d'appui (ZA), et connecté à ladite membrure inférieure (18).

6/ Pont selon la revendication 1, caractérisé par le fait qu'il comporte en outre des entretroises verticales (30) en béton armé s'étendant verticalement en appui sur lesdits appuis (6) en reliant 30 lesdits hourdis supérieur (10) et inférieur (24), et portant au voisinage de ce hourdis supérieur des dispositifs d'ancrage (34) et/ou de déviation (32) pour recevoir une force verticale descendante desdits câbles de précontrainte (22).

7/ Pont selon la revendication 1, dans lequel ladite poutraison 35 comporte au moins deux âmes (20) décalées selon ladite direction transversale,

- et des entretoises métalliques transversales (36) reliant ces deux âmes à distance desdits appuis (6, 8),
  - ce pont étant caractérisé par le fait que ces entretoises transversales (36) portent des dispositifs de déviation (38) pour recevoir une force verticale ascendante desdits câbles de précontrainte (22).
- 5        8/ Pont selon la revendication 4, caractérisé par le fait que lesdites entretoises transversales (36) sont tubulaires.
- 10      9/ Pont selon la revendication 1, dans lequel ladite poutraison est constituée de deux poutres (12, 14) décalées selon ladite direction transversale et comportant chacune deux dites membrures supérieure (16) et inférieure (18) et une dite âme (20).
- 15      10/ Procédé de construction d'un pont selon la revendication 1, caractérisé par le fait que l'on prévoit deux groupes de dits câbles de précontrainte (22) aptes chacun à diminuer utilement à lui seul les tensions dans lesdites membrures (16, 18) à leur proximité, la mise en tension d'un premier de ces groupes assurant la tenue dudit tablier (2) en place avant et pendant le coulage dudit hourdis supérieur (10), le coulage et le durcissement de ce hourdis puis la mise en tension de ce second groupe assurant ensuite la compression permanente de ce hourdis et la résistance définitive du tablier.
- 20      11/ Procédé selon la revendication 10 dans lequel ledit tablier est lancé sur ses appuis, ce procédé étant caractérisé par le fait qu'on tend lors du lancement des câbles longitudinaux de précontrainte provisoire (40) en partie supérieure du tablier de manière à au moins diminuer les moments fléchissants négatifs transitoires qui s'appliquent au tablier au-dessus des appuis.
- 25

1/5

FIG. 1

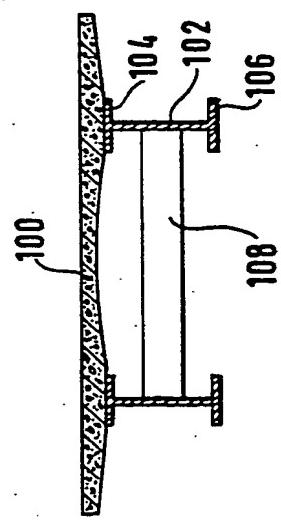


FIG. 2

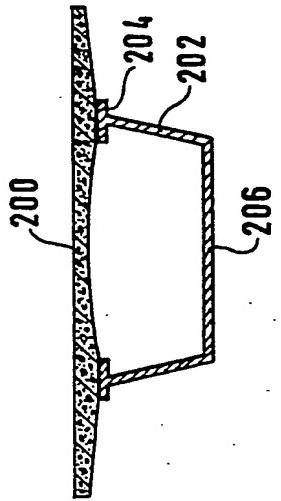
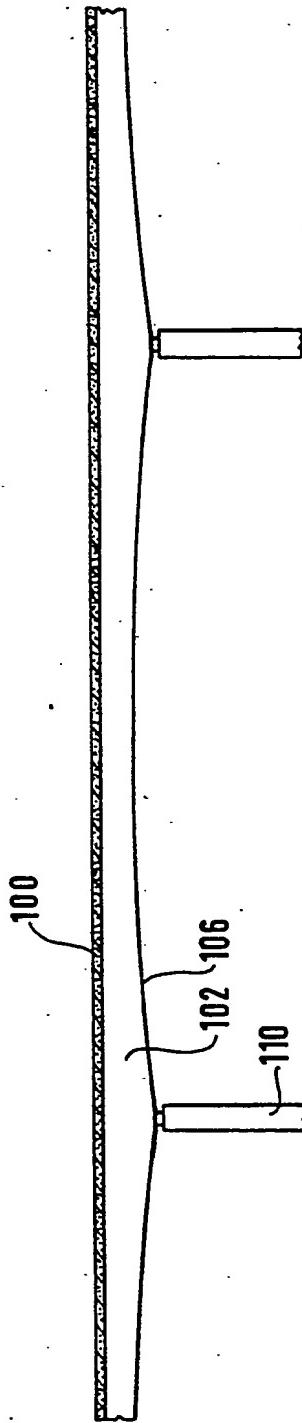


FIG. 3



2/5

FIG.4

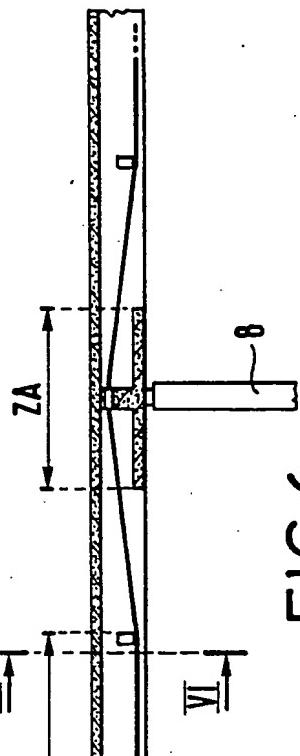
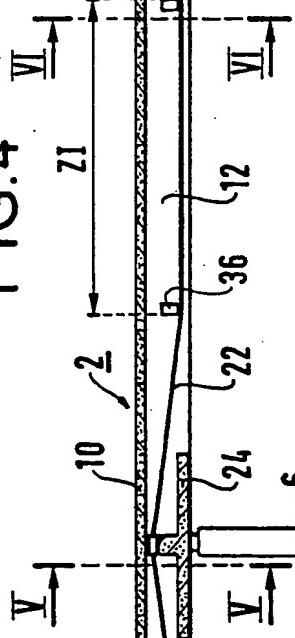


FIG.6

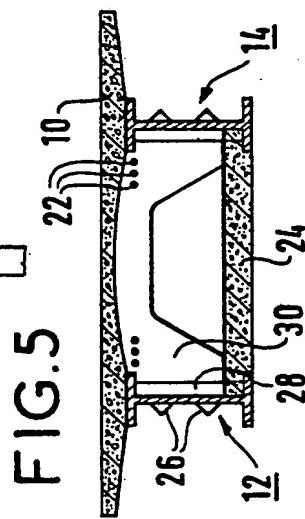
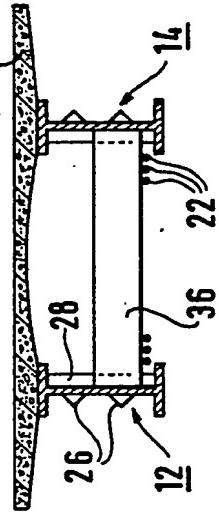
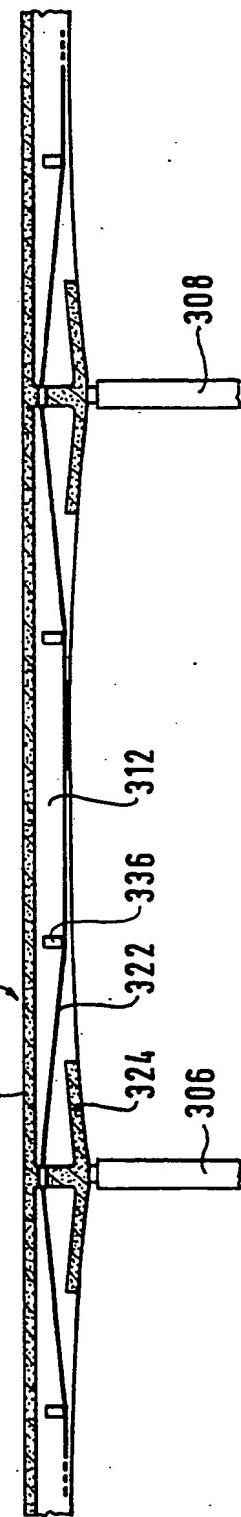


FIG.7



308

3/5

FIG.8

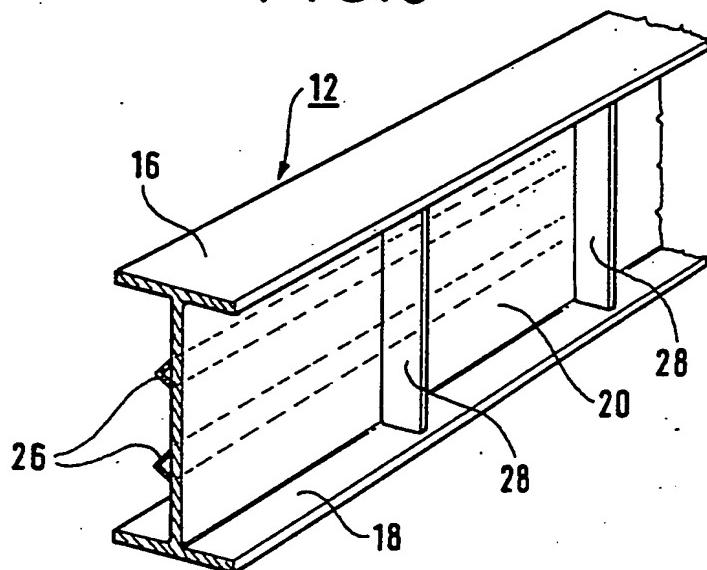
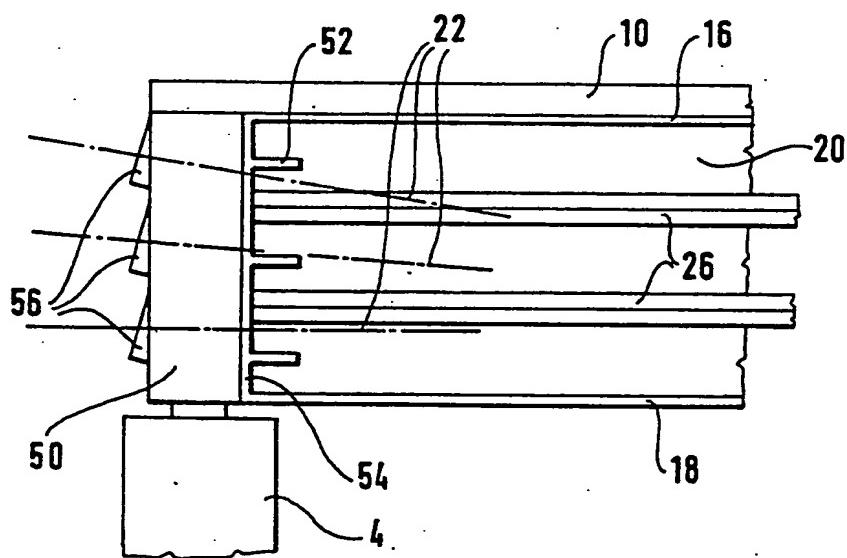


FIG.9



4/5

FIG.10

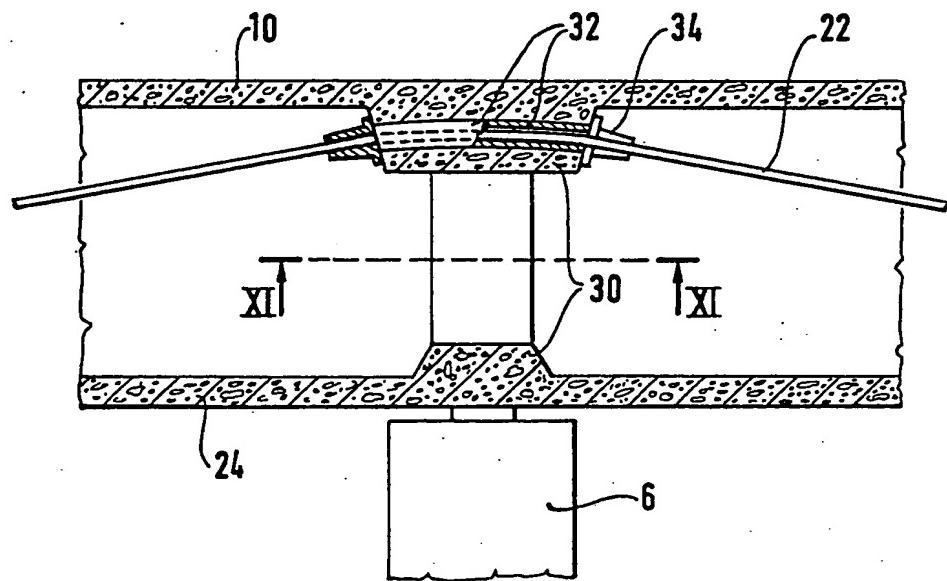
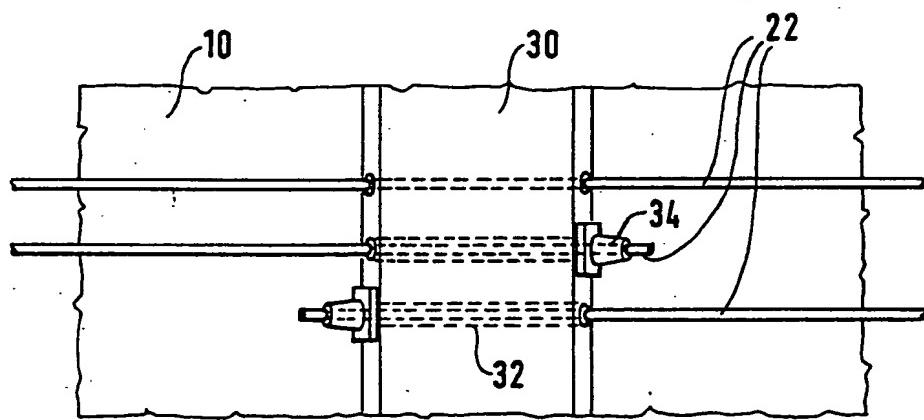


FIG.11



5/5

FIG. 12

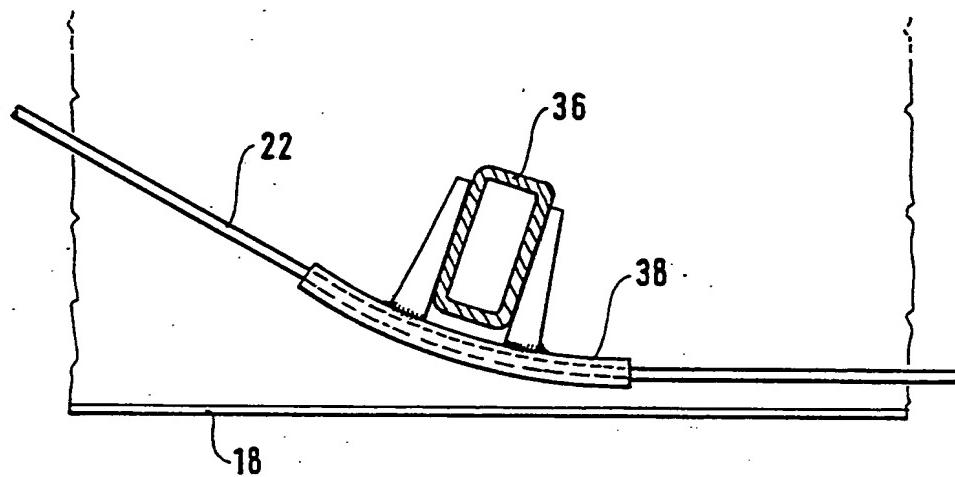


FIG. 13

